Летняя международная XXXI молодежная Школа-конференция по параллельному программированию

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПЛАСТА

Исполнитель проекта: Рахымова А.Р., 4 курс, кафедра информатики факультета информационных технологий КазНУ им. аль-Фараби

Руководитель проекта: Иманкулов Т.С.

Дата доклада: 13.07.2018

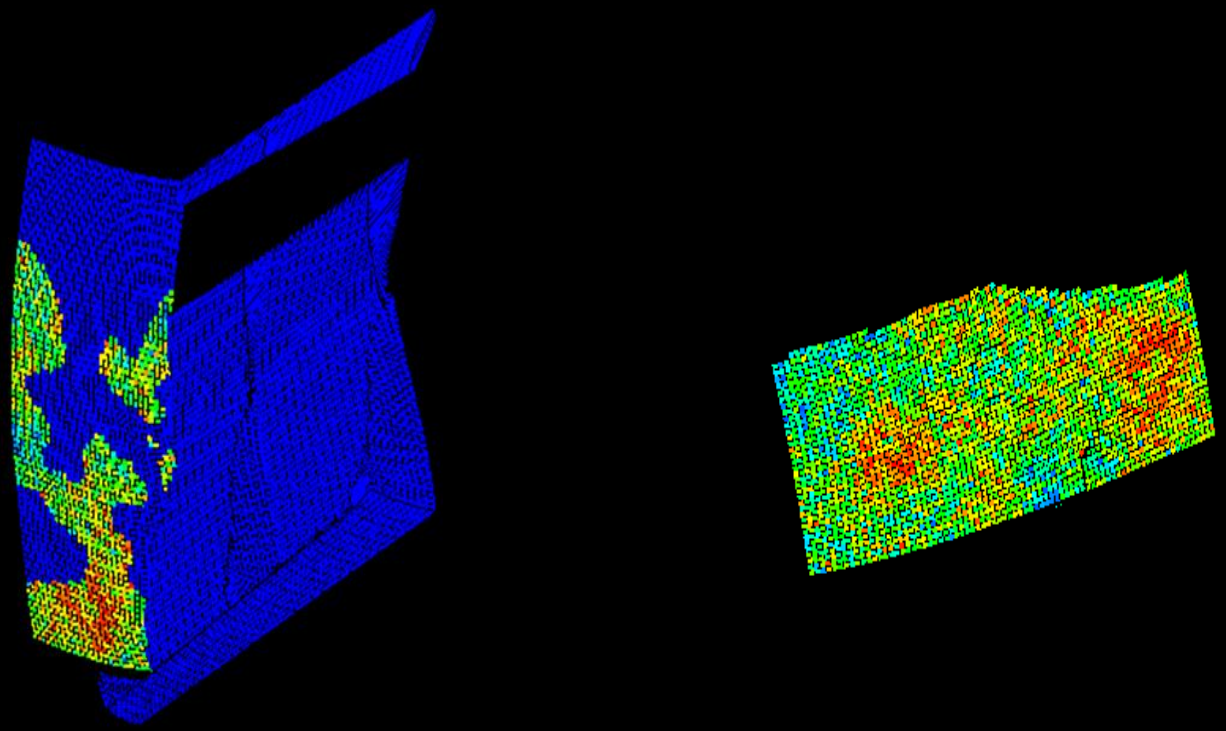
План доклада:

- Цель работы
- Постановка задачи
  - Задача №1
  - Задача №2
  - Задача №3
- Тестирование
- Заключение

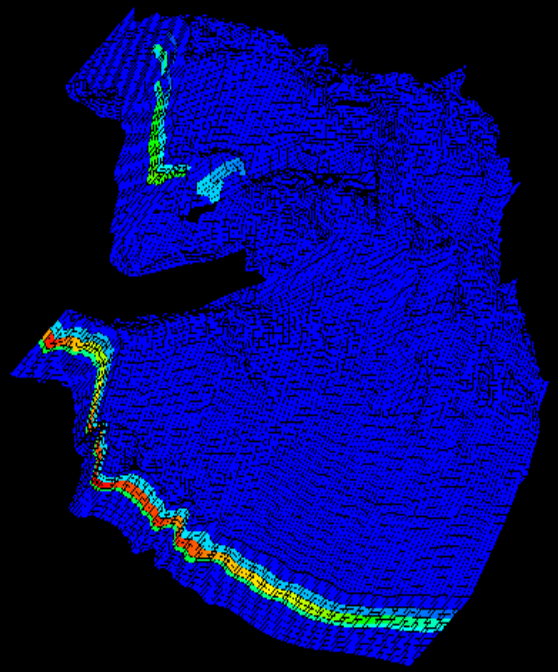
Цель работы

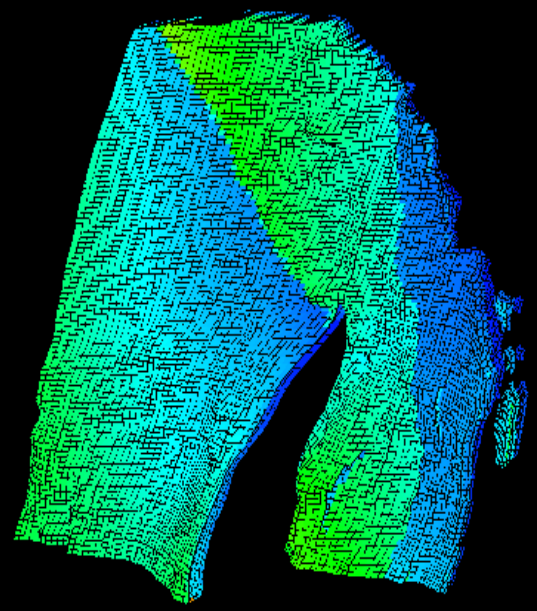
- визуализация различных сеточных моделей с известными данными в формате Shchlumberger eclipse с расширением файла .grdecl с использованием программных интерфейсов OpenGL и Vulkan.

Model of East Moldabek section of the field Kenbay with JSC “KazMunaiGas Exploration Production”, cell`s quantity of complete model –$36 \times 77 \times 33$.

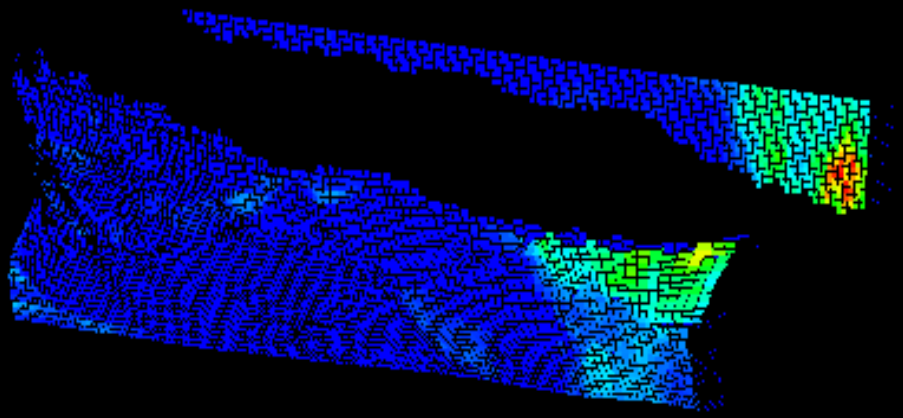


MATLAB Reservoir Simulation Toolbox. Data of the "Geological Storage of CO_2: Mathematical Modelling and Risk Analysis" (MatMoRA) project, cell`s quantity of complete model – $100 \times 100 \times 11$

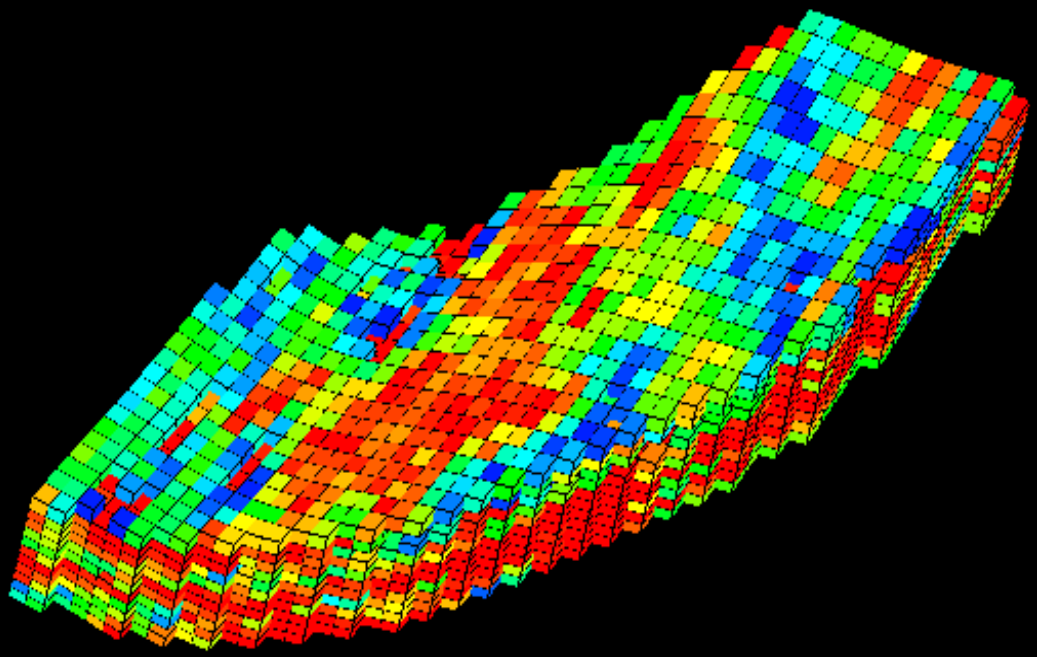




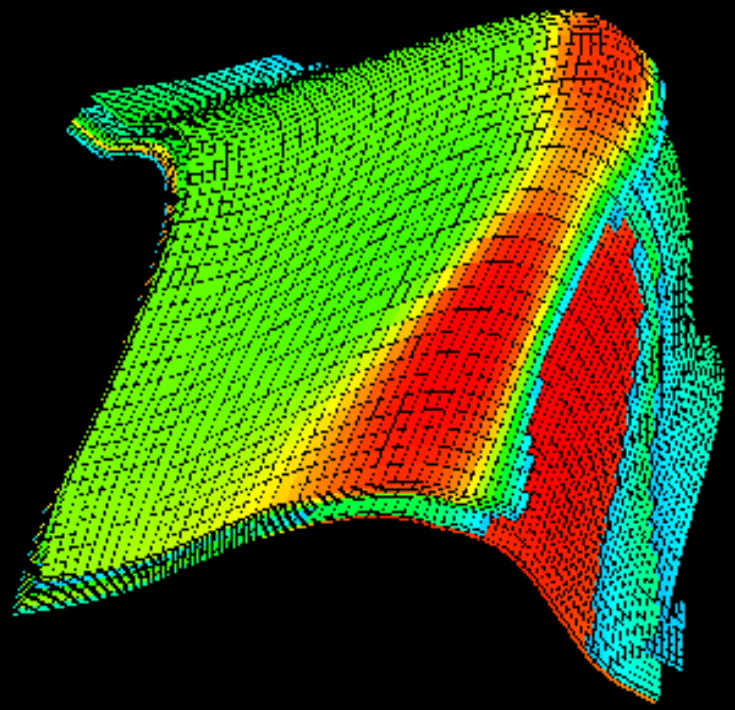
MATLAB Reservoir Simulation Toolbox. Data of the "Sensitivity Analysis of the Impact of Geological Uncertainties on Production", cell`s quantity of complete model – $40 \times 120 \times 20$



Test model of layer – Sample, cell`s quantity of complete model – $33 \times 33 \times 11$



Field layer model – Bahytzhan, cell`s quantity of complete model – $67 \times 49 \times 10$



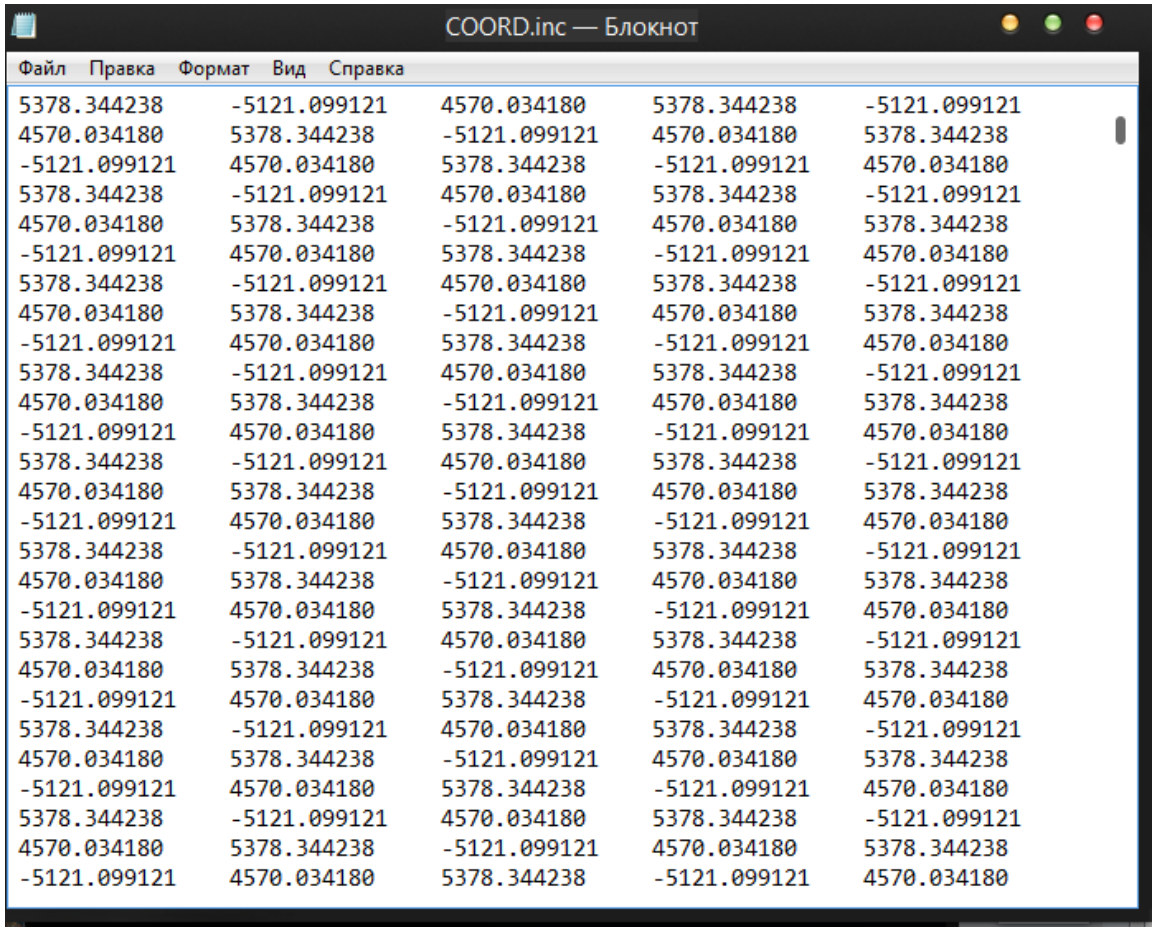
Постановка задачи: Задача №1

Создание инструмента для считывания следующих данных:

- объем;
- координаты модели;
- активность прорисовываемых ячеек;
- цвет ячеек (физические характеристики модели).

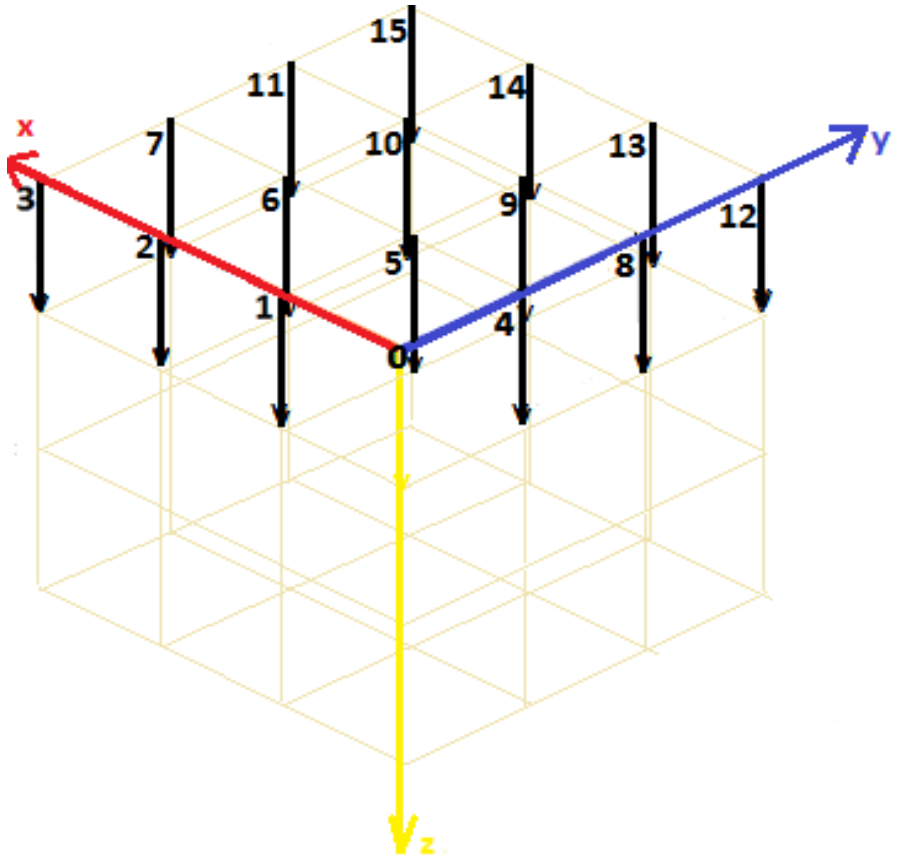
Исходные данные

1. COORDS
2. ZCORN
3. ACTNUM
4. NTG/PERMX



COORD

В файле **COORD** предоставляется массив координат X, Y, Z вершин направляющих векторов для ребер ячеек. Массив размера $(N_x + 1) \times (N_y + 1) \times 6$ содержит $(N_x + 1) \times (N_y + 1)$ вертикальных или наклонных спиц, которые в свою очередь имеют 2 точки (X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2). На спицах, которые являются направляющими векторами, расположены вершины ячеек.



a)

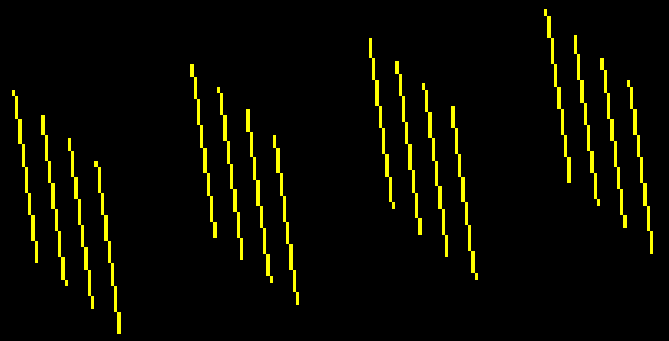
COORD{
0.0.0 0.0.5
5.0.0 5.0.5
10.0.0 10.0.5
15.0.0 15.0.5

0.5.0 0.5.5
5.5.0 5.5.5
10.5.0 10.5.5
15.5.0 15.5.5

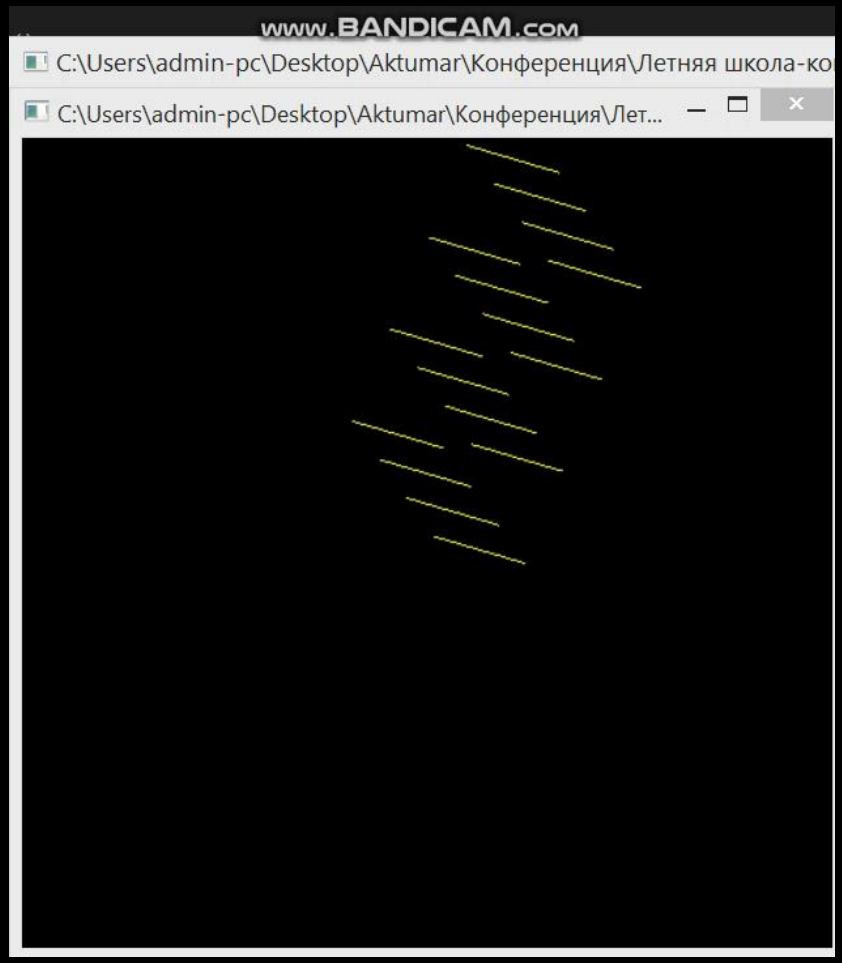
0.10.0 0.10.5
5.10.0 **5**.10.5
10.10.0 10.10.5
15.10.0 15.10.5

0.15.0 0.15.5
5.15.0. 5.15.5
10.15.0 10.15.5
15.15.0 15.15.5

b)



Направляющие вектора для ребер ячеек в кубе $(3 \times 3 \times 3)$ по COORD: a) Пример схемы; b) Массив координат COORD; c) Прорисовка с помощью OpenGL по исходным данным COORD



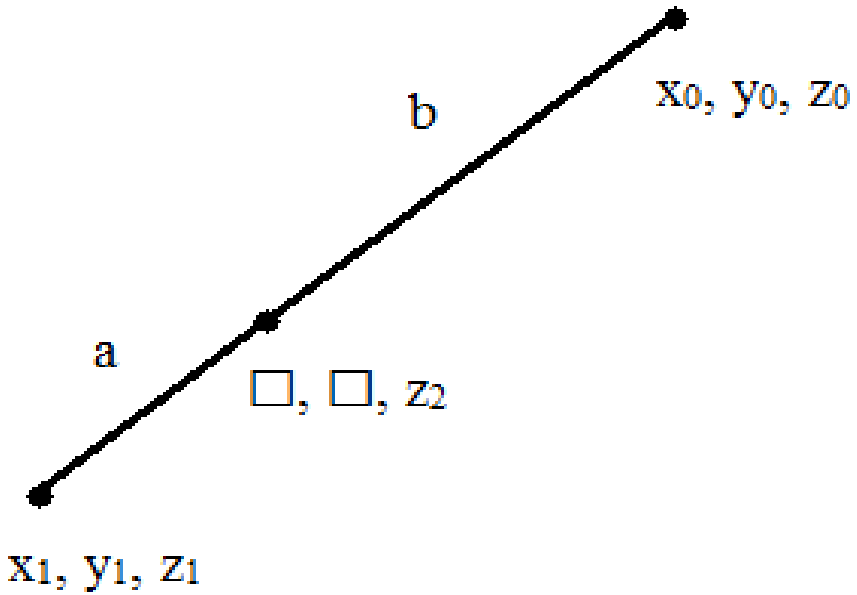
Видео-презентация

ZCORN

В файле **ZCORN** предоставляется массив Z координат вершин ячеек. Массив размера $2N_x \times 2N_y \times 2N_z$ содержит значения координат по оси Oz восьми вершин ячеек. Данные в массиве хранятся в определённом порядке: Ox, Oy и Oz. На рисунке предоставлен пример массива Z координат.

COORD + ZCORN

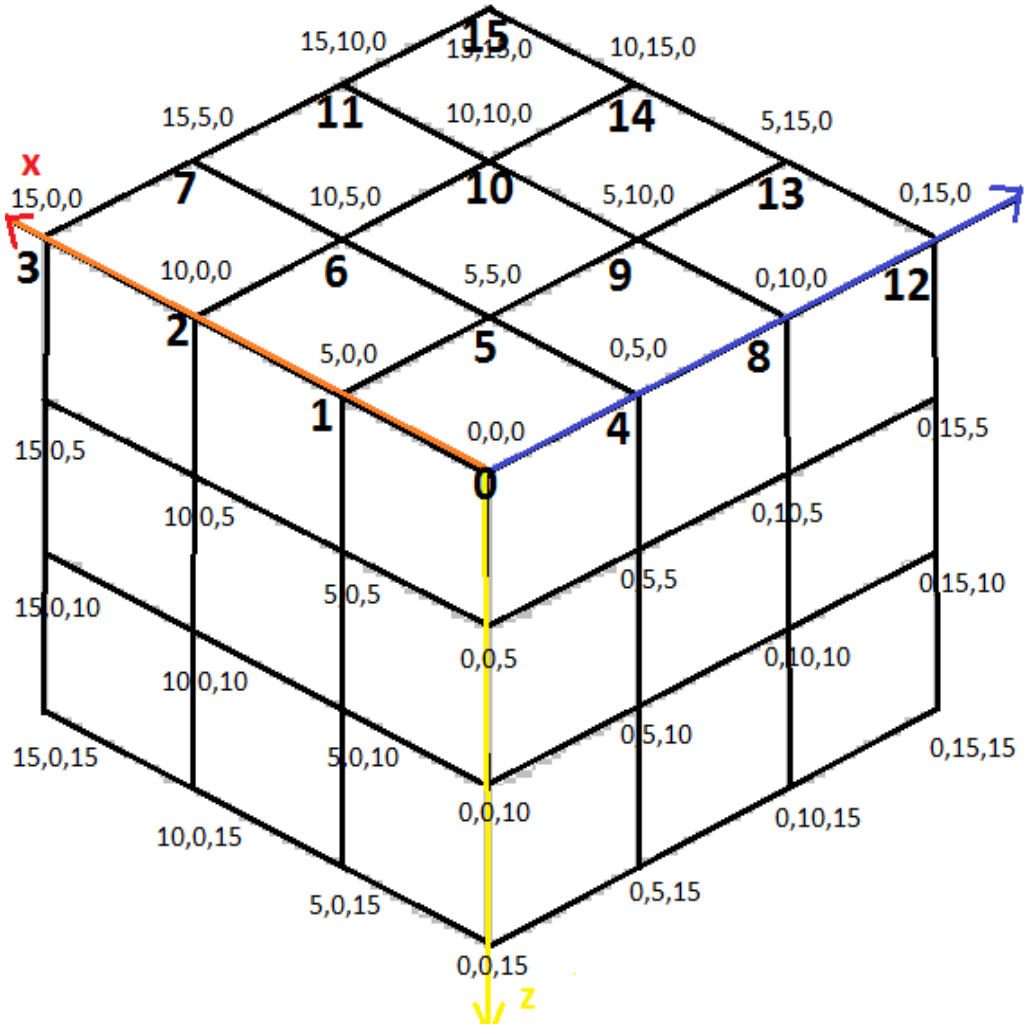
Сначала необходимо найти все недостающие значения для массива Z координат ZCORN, то есть найти X, Y координаты. Это можно осуществить, используя Z координату и соответствующие координаты направляющих векторов из COORD.



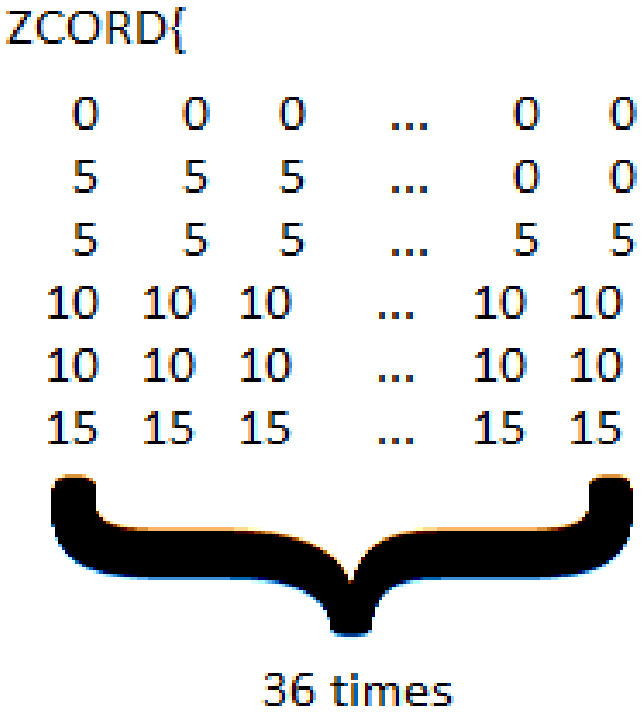
$$\begin{cases} \frac{a}{a+b} = \frac{x_2 - x_1}{x_0 - x_1} \\ \frac{a}{a+b} = \frac{y_2 - y_1}{y_0 - y_1} \\ \frac{a}{a+b} = \frac{z_2 - z_1}{z_0 - z_1} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = x_1 + (x_0 - x_1) \times \left(\frac{z_2 - z_1}{z_0 - z_1} \right) \\ y_2 = y_1 + (y_0 - y_1) \times \left(\frac{z_2 - z_1}{z_0 - z_1} \right) \end{cases}$$

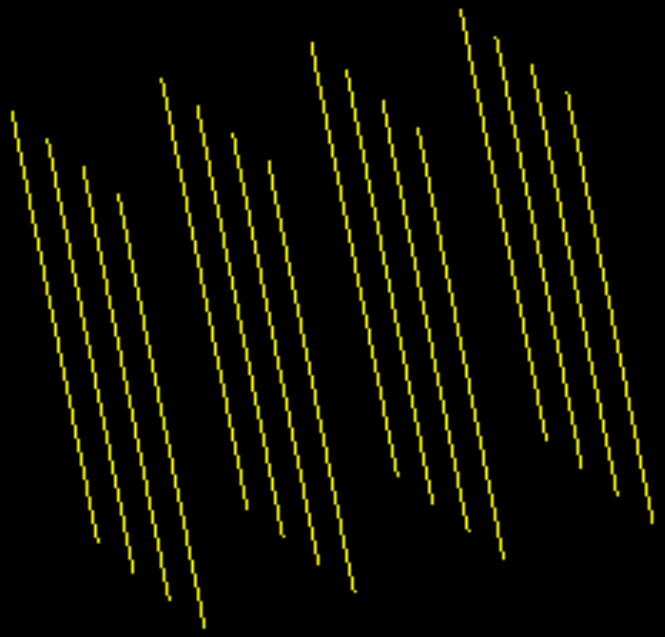
Направляющий вектор, в котором известны координаты двух вершин и точка, с неизвестными двумя значениями координат x_2, y_2



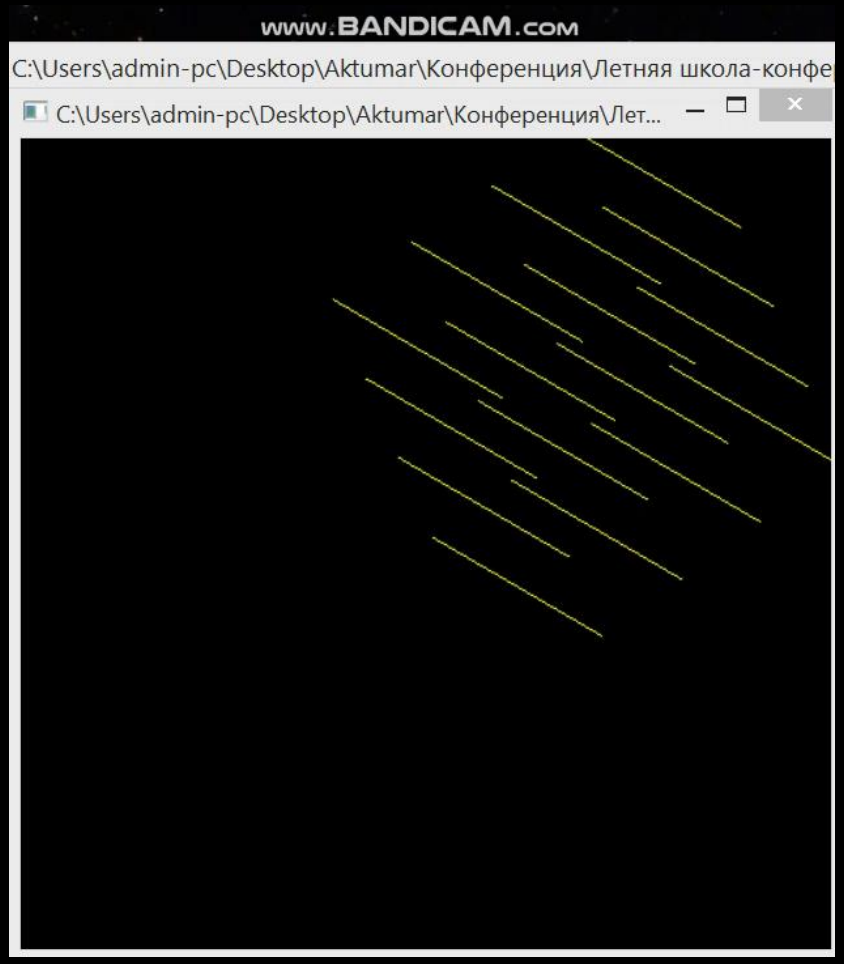
Вершины ячеек в кубе ($3 \times 3 \times 3$) по COORDS и ZCORN



Массив ZCORN



Прорисовка с помощью OpenGL по исходным данным COORDS и ZCORN

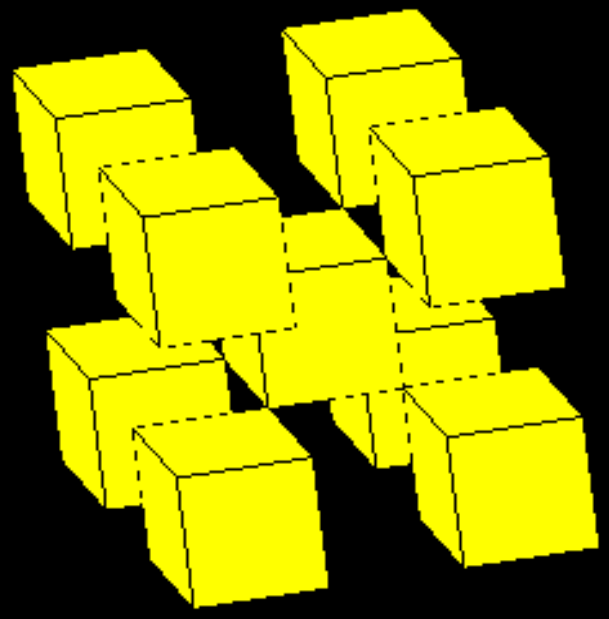


Видео-презентация

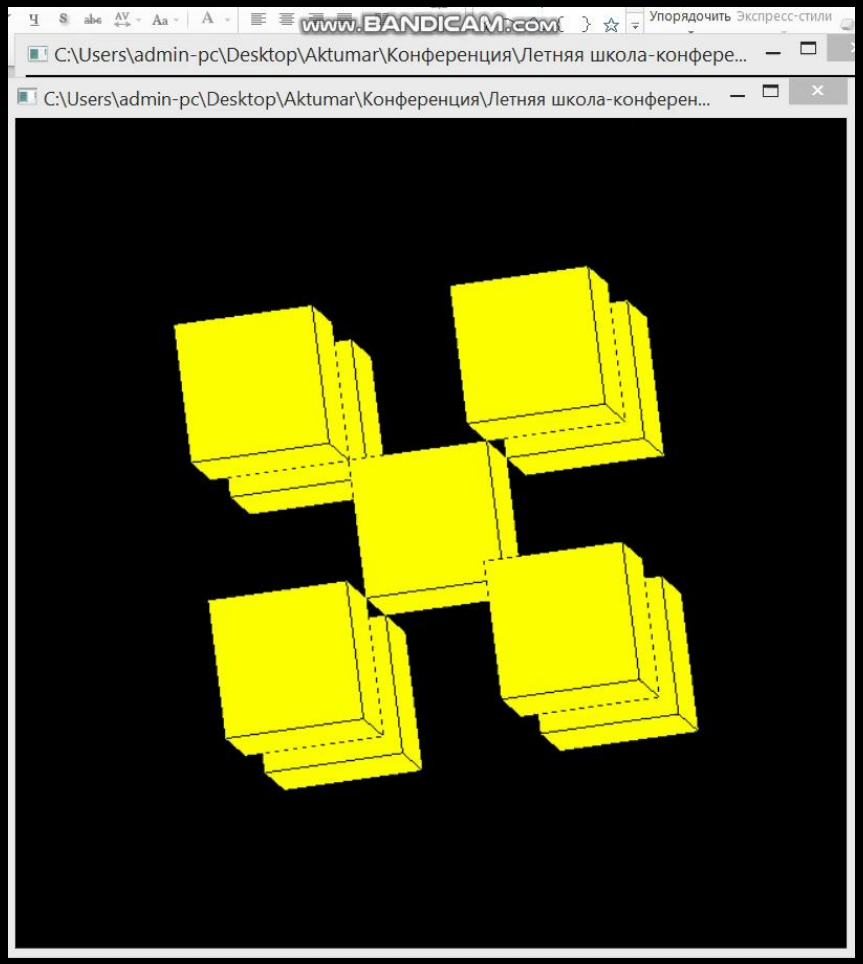
ACTNUM

В файле **ACTNUM** предоставляется массив, который определяет активность ячеек, что означает необходимо ли ее отображение при прорисовке. Массив размера $N_x \times N_y \times N_z$ содержит значения 0 и 1, соответственно означают неактивность и активность ячеек.

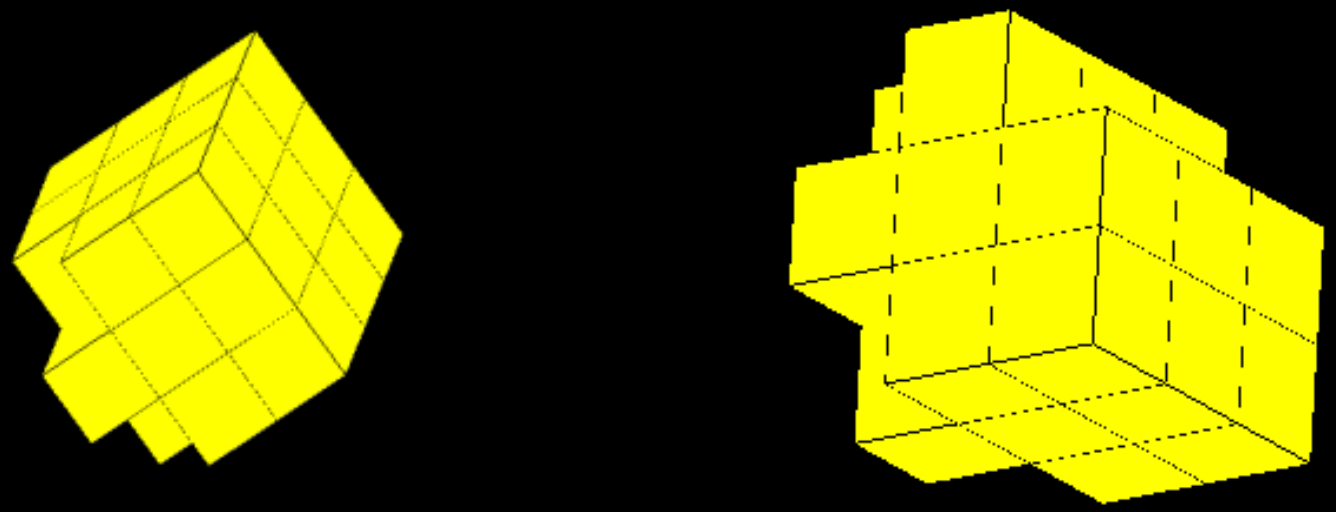
```
ACTNUM{
1 0 1   0 0 0   1 0 1
0 0 0   0 1 0   0 0 0
1 0 1   0 0 0   1 0 1
```



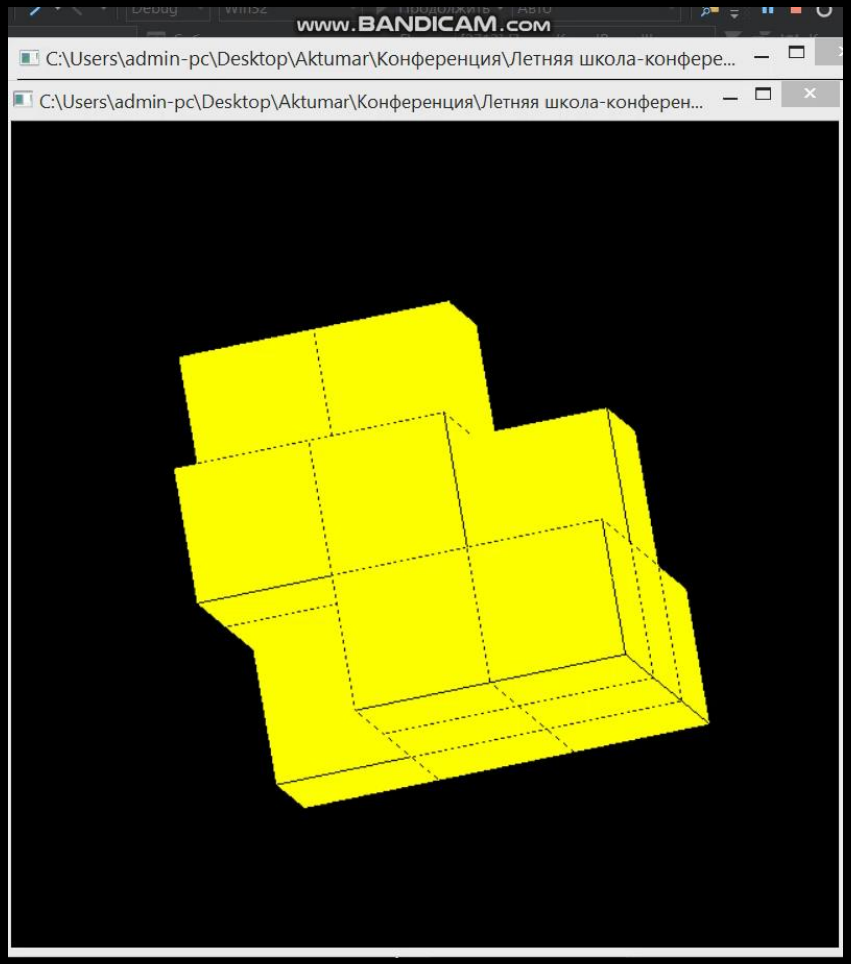
Построенный куб ($3 \times 3 \times 3$) по исходным данным COORD, ZCORN и ACTNUM: a) Массив активности ACTNUM; b) Прорисовка с помощью OpenGL по исходным данным COORD, ZCORN и ACTNUM



Видео-презентация



Пример других различных вариантов применения ACTNUM



Видео-презентация

NTG

В файле **NTG** предоставляется массив, который определяет цвет каждой ячейки. Массив размера $N_x \times N_y \times N_z$ содержит данные, которые преобразовываются в значения в промежутке [0, 1]. Для этого используется формула:

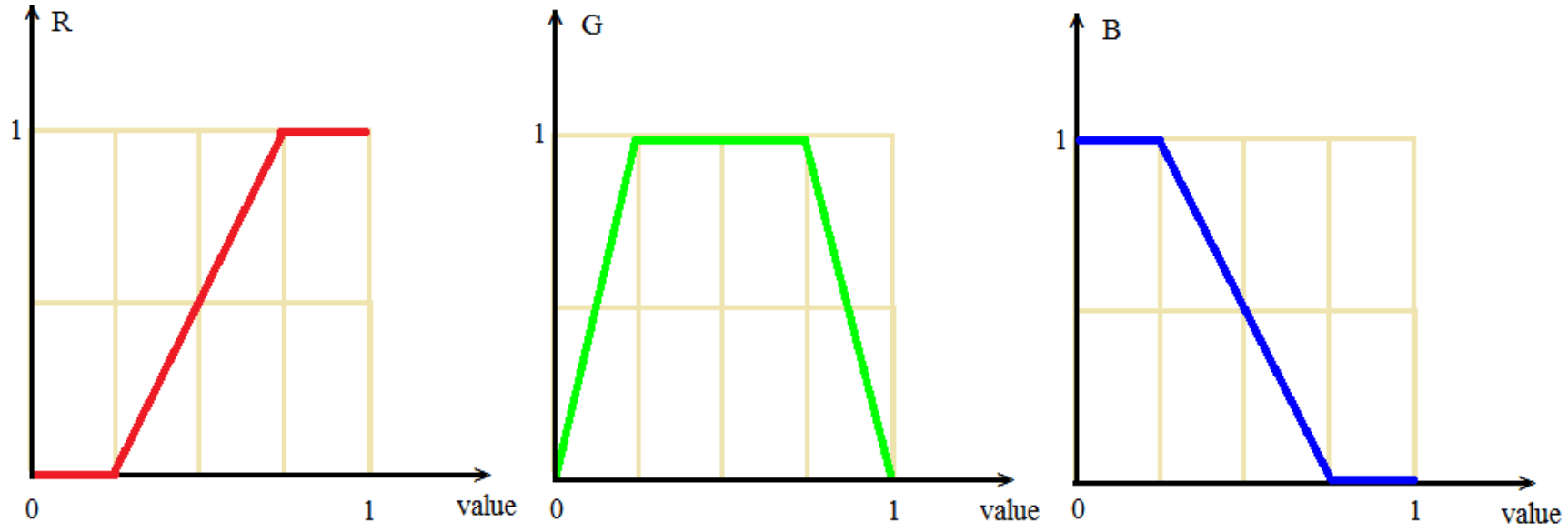
$$newValue = \frac{value - valueMin}{valueMax - valueMin}$$

где:

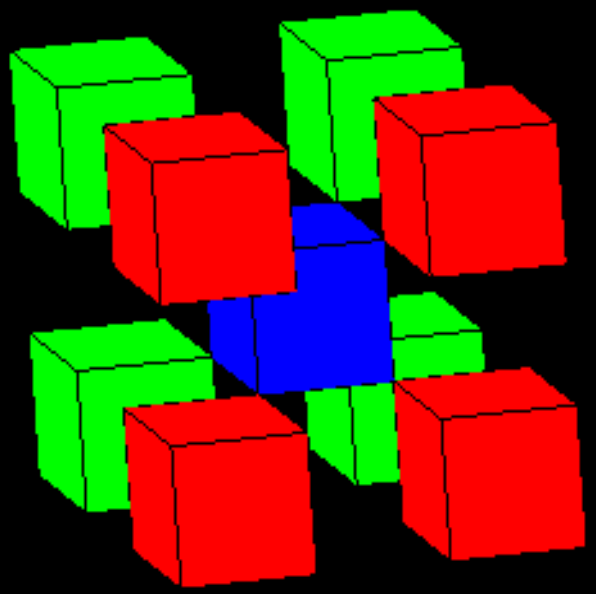
- newValue – преобразованное значение в интервале [0, 1],
- value – текущее значение,
- valueMax – максимум массива NTG,
- valueMin – максимум массива NTG.

Это делается для того чтобы определить цвет ячейки. Как известно цветные объекты описываются основными тремя: красный, зеленый и синий. То есть существуют три значения R, G, B, и они варьируются в промежутке [0, 1]. Например, если значение равно (1, 0, 0) то объект красного цвета, если (1, 1, 0) то желтого и т.д.

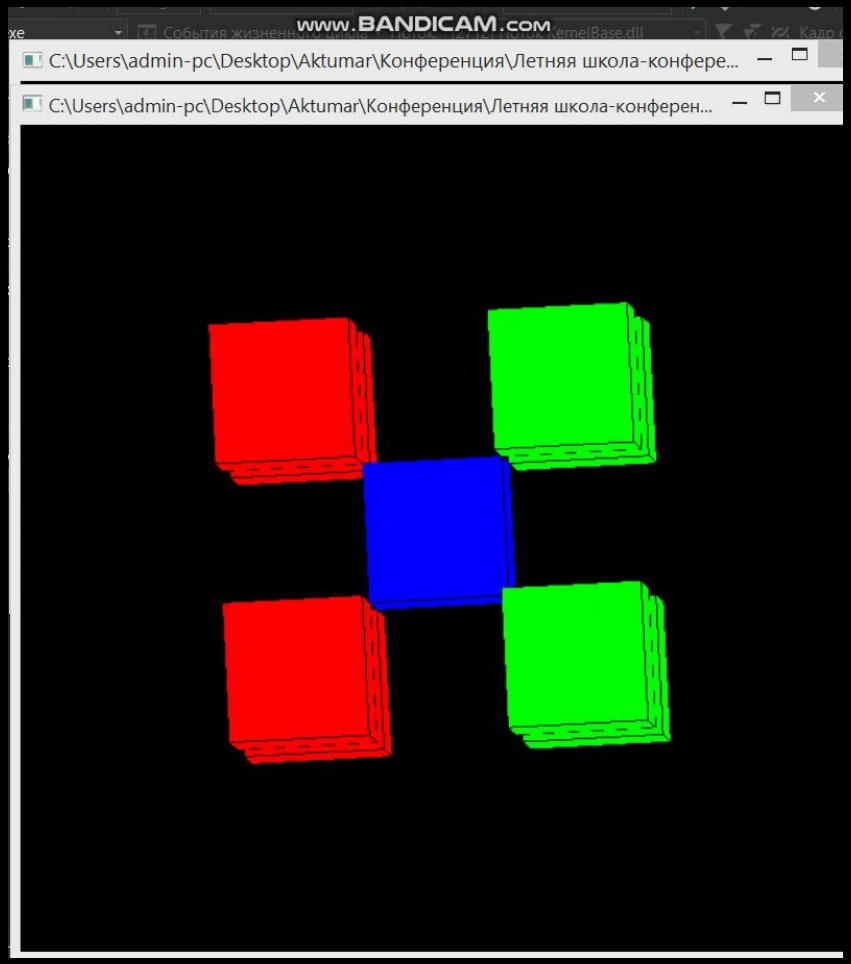
После преобразования всех значений в массиве NTG, они распределяются по RGB по следующим графикам



```
NTG{
1 1 1   1 1 1   0.5 0.5 0.5
1 1 1   1 0 1   0.5 0.5 0.5
1 1 1   1 1 1   0.5 0.5 0.5
```



Построенный куб $(3 \times 3 \times 3)$ по исходным данным COORD, ZCORN и ACTNUM и с добавлением массива цвета ячеек по NTG: a) Массив NTG; b) Прорисовка с помощью OpenGL по исходным данным COORD (fig. 1.b), ZCORN (fig. 2), ACTNUM (fig. 6.a) и NTG



Видео-презентация

Постановка задачи: Задача №2

Визуализация модели с выявленными и известными данными с использованием открытой библиотеки OpenGL 3.0+, GLSL (OpenGL Shading Language), иными словами язык программирования шейдеров.

Библиотека OpenGL представляет собой низкоуровневый программно-аппаратный интерфейс, обеспечивающий доступ к возможностям графического оборудования для получения прорисованных программой изображений, которые используют двумерные или трехмерные объекты, и делает визуализацию (рендеринг).

Дизайн OpenGL включает поддержку отображения трехмерной геометрии (точки, линии, многоугольники, на которых ссылаются вместе с примитивами), и для рисования изображений.

Область графической памяти, обслуживание которой изменяется в результате визуализации OpenGL, называется **буфером кадров**.

Буфер кадра может состоять из некоторой комбинации следующих: цветовые буферы, буфер глубины, буфер трафарета и т. Д.

Большая часть графического оборудования поддерживает **два буфера** - передний буфер и задний буфер для реализации двойной буферизации. Это позволяет реализовать визуализацию в заднем буфере во время отображения спереди.

```
#include <GL/freeglut.h>

#include <GL/glew.h>.

#include <glm/glm.hpp>
#include < glm/gtc/matrix_transform.hpp>
#include < glm/gtc/type_ptr.hpp>.
```

Применяя шейдеры можно максимально эффективно использовать всю вычислительную мощь современных графических чипов, тысячи ядер которых работают параллельно в одном потоке, ведь все шейдерные вычисления производятся на GPU, а не на CPU.

Постановка задачи: Задача №3

Переход на новый программный интерфейс Vulkan, созданный для снижения накладных расходов, повышения степени прямого контроля над GPU и уменьшения нагрузки на CPU.

Vulkan имеет следующие преимущества:

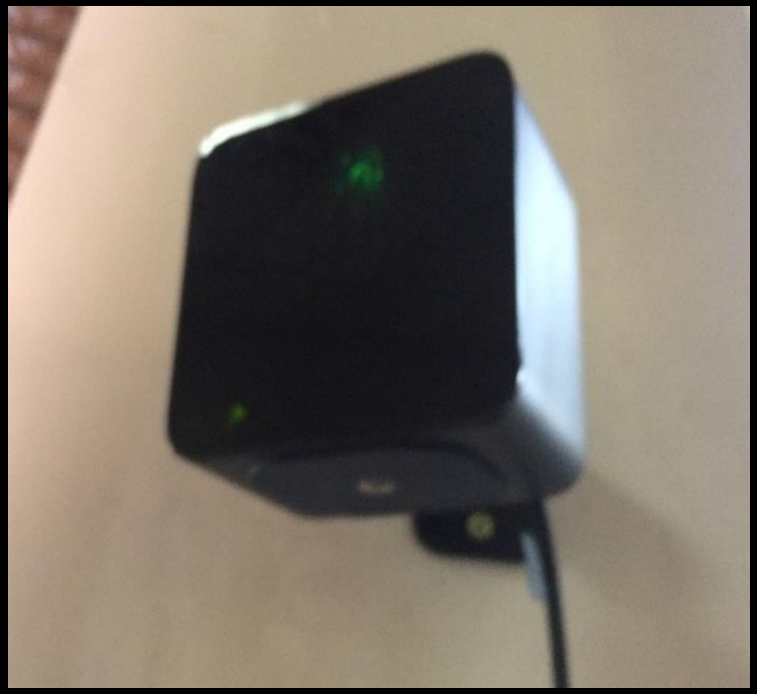
- OpenGL использует язык высокого уровня для написания шейдеров GLSL. Vulkan использует промежуточный **двоичный формат SPIR-V** (Standard Portable Intermediate Representation).
- Кроссплатформенный API поддерживается на **мобильных устройствах** и **высокопроизводительных видеокартах**.
- Снижение нагрузки на центральный процессор в ситуациях, когда он является недостаточно производительным, что позволяет достичь более высокой пропускной способности для GPU-вычислений и визуализации.

Заключение

- Изучены предоставленные исходные данные в формате .GRDECL
- Изучены основные возможности библиотеки OpenGL и определены сферы ее применения.
- Изучены основные возможности шейдерного языка программирования.
- Использованы различные модели нефтегазового пласта для проверки реализованной программы

Разработанное приложение представляет трехмерную сеточную модель нефтегазового пласта с использованием библиотеки OpenGL.

Понятие виртуальной реальности



Шлем виртуальной реальности HTC VIVE и камера с датчиками движения.